

Agraarteadus
1 * XXVIII * 2017 13–18



Journal of Agricultural Science
1 * XXVIII * 2017 13–18

KARTULIMARDIKA (*LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* SAY) POPULATSIOONI ARVUKUSE PROGNOOSI VÕIMALIKKUS EESTIS

THE RELIABILITY OF COLORADO POTATO BEETLES (*LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* SAY) POPULATION DENSITY PREDICTIONS BASED ON PHENOLOGICAL AND OVERWINTERING DATA

Külli Hiisaar, Viacheslav Eremeev, Ingrid H. Williams

Eesti Maaülikool, põllumajandus- ja keskkonnainstituut
Kreutzwaldi 5, Tartu 51014

Saabunud: 22.12.16
Received:
Aktsepteeritud: 10.03.17
Accepted:

Avaldatud veebis: 20.03.17
Published online:

Vastutav autor: Külli
Corresponding author: Hiisaar
e-mail: kylli.hiisaar@emu.ee

Keywords: population density,
prediction, phenology,
overwintering, weather conditions.

Link: http://agrt.emu.ee/pdf/2017_1_hiisaar.pdf

DOI: <http://dx.doi.org/10.15159/jas.17.01>

ABSTRACT. On the basis of phenological observations and overwintering mortality data in 2015/2016 we tried to predict the population density of Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) (CPB) for the following season. Because of the late and cool spring in 2015, the beetles started to emerge from the soil at the end of May and, because of the low temperatures, did not start to reproduce immediately. The first egg clutches did not appear until the end of June. The low density of larvae and beetles in mid-summer lead us to expect low damage for the whole season. However, very warm weather in August and September induced the beetles to lay eggs and the population density increased sharply. A lot of the summer beetles managed to terminate their development in time and to dig into the soil for overwintering. Consequently, we expected the beetles to be abundant the following spring. However, a short, snowless, very cold period in January when air temperature fell to -30°C and soil temperature to -6.6°C nullified this prediction as over 90% of overwintering beetles perished. In spring 2016, very few beetles were found on the field and the potato plants remained undamaged until the end of June. Then, due to south-east storms at the end of June, very large migrations occurred and, some weeks later, various development stages of CPB were very abundant in potato fields. Thus, none of our predictions came true. The main reason for this was our extremely unstable weather conditions during summer and the overwintering period and the unpredictable large migrations from southern regions.

© 2017 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2017 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

Sissejuhatus

Võõrliikide invasiooni saab vaadelda kolme etapina: sisse tungimine, kinnistumine ja levimine naaber-aladele (Novak, 2007). Ennustuste kohaselt kulub sisserrännanud putukal uues asukohas lõplikuks kinnistumiseks 15–20 põlvkonda (<http://www.padil.gov.au/pbt>). Esimesed kartulimardikad (*Leptinotarsa decemlineata* Say) leiti Eestis 1965. aastal, talvitusvõimelised põlvkonnad ilmusid paarkümmend aastat hiljem, seega oli ennustus täpne. Kartulimardikas on oma levikuala pidevalt laiendanud ning tema arvukus aina kasvab. Kalkulatsioonid näitavad, et ilma tõrjeta võib ühe mardikapaari järglaskond viie aasta jooksul

kasvada kuni 1,1 miljoni isendini isegi siis, kui osa mune või vastseid hukkub (*Diagnostic methods...* 2014). Kui esialgu leiti mardika koldeid vaid Lõuna Eestis, siis nüüd võib kahjurit leida üle terve vabariigi. Talve üleelamiseks on mardikad omandanud hea külmataluvuse ka kõrgematel laiuskraadidel (Hiisaar jt, 2014; Lehmann jt, 2015). Kartulimardika arvukust on raske prognoosida, kuna põhja piirkonna mardikate populatsioonid pole homogeensed ja ilmastik heitlik. Mõnel aastal on põldudel, kus tõrjet ei kasutata, kartulipealsed täielikult hävinud, teisel esineb kahjustus vaid koldeliselt ja märkimisväärselt kahju ei teki (Hiisaar jt, 2016). Peale ilmastiku on veel mitmeid tegureid, mis võivad mõjutada mardika populatsiooni arvukust ja see raskendab prognooside tegemist. Meie

kartulikasvatatajad kasutavad erinevaid kasvatustehnoloogiasid: tavaviljelusega põldudel tõrjutakse pidevalt lehemädanikku ja kahjureid ning väetatakse mineraalväetistega, mahepõlde ei töödelda ega väetata. Seejärel just tavaviljelusega põllud tagavad mardikatele küllusliku toidubaasi kuni hilissügiseni välja. Pidev pestitsiidide kasutamine aga süvendab mardikate mürgiresistentsust. Teadlaste uurimuste kohaselt on mineraalväetistega väetatud põldudel kartulimardika arvukus kõrgem, kuna nende taimede lehtedes on mitmete mineraalainete nagu lämmastik, kaltsium, magneesium, fosfor jt kontsentratsioonid kõrgemad, kui kompostiga väetatud põldudel (Alyokhin jt, 2005). Mahepõldudel jäävad mardikad sageli nalga, sest lehemädanik võib varakult kartulipealsed hävitada, neil mardikatel säilib ka mürgitundlikkus. Kohalik niigi heterogeenne populatsioon täieneb lõuna- ja kagu-tuultega juurde tulevate migrantidega, kelle külmaning mürgiresistentsus võib oluliselt erineda kohalike mardikate omast (Lyytonen jt, 2012). Kirjanduse andmetel on mürgiresistentsed mardikad tunduvalt külmakindlamad kui mürgitundlikud (Alyokhin, Ferro, 1999). Mardikate arengut ja talvitusvõimet mõjutavad paljud tegurid. Üks olulisimaid neist on toidu biokeemiline koostis ning kvaliteet (Hsiao, 1978; 1981), mis mõjutab nii mardikate massi, puhkeseisundi kujunemist, kui talvitusvõimet (De Wilde jt, 1959). Ebakvaliteetse toidu korral lähevad mardikad juba suve keskel talvituma, kuigi võiksid anda veel teisegi põlvkonna (Hiiesaar jt, 2013). Kõik loetletud tegurid mõjutavad mardika populatsiooni arvukust.

Tekib küsimus, kas Eesti tingimustes on võimalik prognoosida kartulimardika arvukust ja taimekaitse töid ette planeerida, kui arvesse võtta ilmastiku tingimusi, fenoloogiat ning talvitumistingimusi? Käesoleva töö eesmärgiks seadsimegi 2015./2016. aastal kogutud andmete põhjal jooksvalt teha lühiajalisi prognoose kartulimardika populatsiooni kohta ja jälgida nende täidminekut.

Materjal ja meetodika

Kartulimardika fenoloogilised vaatlused viidi läbi 2015. aasta suvel Maaülikooli Eerika kartuli katsepõllul, mis rajati 2008. aastal ja kus kasutati mahe- ja tava-tehnoloogiat. Ilmastiku andmed pärinevad Keskkonna-agentuuri Eesti meteoroloogia aastaraamatust (2015) ja Eesti ilmasteenistuse kokkuvõtetest (<http://www.ilmateenistus.ee/kliima/kuukokkuvotted/>), mulla temperatuurid Keskkonnaagentuurilt (www.ilmateenistus.ee). Vegetatsiooni perioodi jooksul kogunenud efektiivsete temperatuuride summa arvutati Rõhu meteoroloogia vaatlusjaama poolt registreeritud ööpäevaste temperatuuride põhjal, kasutades valemit:

$$\text{kraad/päeva} = \frac{\text{max temp} + \text{min temp}}{2 - \text{arenguläve temp}}$$

Varajane kartul 'Maret' pandi maha 2015. aasta 7. mail, vaatlusi hakati tegema mai keskel vahetult peale kartuli tärkamist. Kaks korda nädalas läbiti rida-realt kõik katselapid fikseerides mardikate põllule ilmumise, esimeste munakurnade leidmise, vastsete

koorumise, uue suvise põlvkonna mardikate ilmumise ja talvituma mineku aja. Talvise suremuse määramiseks koguti mardikaid augusti viimasel nädalal nii mahe- kui tavaviljeluse katsepõllult. Kartul koristati 28. augustil, seejärel siirdusid mardikad läheduses olevale katsepõllule, kus peale kartuli kasvatati ka teisi maa-vitsalisi (*Solanaceae*) nagu tomat, harilik maavits, lilltubakas ja paprika. Seal nad jätkasid oma küpsus-sööma ning septembrikuu jooksul koguti mardikaid ka nendelt taimedelt. Enne talvituma viimist mardikaid enam ei toidetud, et saada läbilõige populatsiooni seisundist looduslikes tingimustes, st et talvituskatsetesse satuksid erineva toitumisastmega ja ettevalmistusega isendid. Mardikad paigutati 35 × 35 cm suurustesse mullaga täidetud jõhvkottidesse, igasse neist 25 mardikat, kotid jäeti kaheks nädalaks õue varjulisse kohta, et mardikad saaksid mulda kaevuda. Oktoobri viimasel nädalal kaevati kotid Eerikal Tõnissoni aias 20 cm sügavusele mulda talvituma. Järgmisel kevadel mai keskel kaevati kotid välja ja jäeti üheks nädalaks toa temperatuurile, et mardikad saaksid ise mullast väljuda, seejärel määrati talvitusaeagne suremus.

2016. aasta kevadel ja suve esimesel poolel kontrolliti põlde, hinnati talvitumast tulnud mardikate arvukust ja prognoositi tõrje vajadusi.

Tulemused

Ilmastik ja fenoloogia

Kartulimardika fenoloogia andmed 2015. aastal on toodud tabelis 1, vegetatsiooni perioodi jooksul kogunenud efektiivsete temperatuuride summa (kraad/päeva) on esitatud tabelis 2 ja sademete hulk (mm) tabelis 3.

Ööpäeva keskmine õhutemperatuur tõusis sel aastal püsivalt üle 5 °C peale 20. aprilli, kuid jäi alla arengumiinimumi (10–12 °C) ning ei võimaldanud mardikatel talvituskohtadest lahkuda. Kagu-Eestis tõusis temperatuur püsivalt üle 10 °C alates 5. maist, maapind soojenes järk-järgult ja esimesed mardikad ilmusid põllule 15. mail, kui kartul alles hakkas tärkama. Öised temperatuurid jäid mais madalaks, näiteks 24. mail langes temperatuur maapinna lähedal –5,2 °C, mistõttu jäid mardikad passiivseks ega liikunud partnerite ja munemiskoha otsingul ringi. Kuu jooksul kogunenud efektiivsete temperatuuride summa oli liialt madal, see võimaldas mardikatel vaid elus püsida.

Juunis oli valitsevaks tuuline ning aastate keskmisest jahedam ilm. Öhu temperatuur oli kuni 1 °C ning viimasel kümmepäevakul kuni 2 °C paljuaastate keskmisest madalam. Mullast väljumisest kuni munema hakkamiseni on vaja ca 70 kraad päeva (Boman, 2008), juunikuu jooksul see tingimus oligi täidetud, kuid alla arenguläve temperatuurid pidurdasid arengut. Mardikaid liikus vähe, kartuli kahjustus oli nõrk, vaid üksikutel lehtedel leidsime söömise jälgi, esimesed munakurnad ilmusid alles juuni viimastel päevadel.

Juulikuu algas soojade päikesepaisteliste ilmadega, temperatuur tõusis 27 °C-ni. Kõrged temperatuurid kiirendasid kartulimardika arengut, munakurnadest koorusid tõugud ning hakkasid intensiivselt lehti

kahjustama, seetõttu pritsiti mahepõldu looduslikku päritolu neemi preparaadiga (NeemAzal T/S 1,5 l ha⁻¹), tavapõldu pritsiti süsteemse ja kontaktse toimega sünteetilise preparaadiga Proteus 110 OD (kulunormiga 0,6 l ha⁻¹). Pritsimise tagajärjel hävisid tavapõllul noored vastsed, valmikuid ja mune mürk ei kahjustanud. Mahepõllul kasutatud botaaniline insektitsiid ei ole mõõduka kontsentratsiooni korral toksiline, kuid omab pikemaajalist toimet, kutsudes vastsetel esile arenguhäireid, neist ei formeerunud normaalseid valmikuid, munade areng peatus. Juuli teisel dekaadil temperatuur langes taas, olles siis kuni 1–4 °C, viimasel kolmandikul aga 1–2 °C paljuaastate keskmisest madalam, kuu keskel sadas rahet, mõnel ööl langes temperatuur 3 °C-ni. Teise dekaadi jooksul kogunes vaid 39 kraad/päeva, areng peatus, uusi munakurnasid juurde ei tulnud, lehtede kahjustus jäi nõrgaks.

August oli suve kõige soojem kuu, maksimaalne õhutemperatuur tõusis kuu esimesel dekaadil üle 25 °C,

sademetek hulk jäi allapoole normi. Kuu keskmine õhutemperatuur oli 17,1 °C, mis on 0,8 °C normist kõrgem ning kuu jooksul kogunenud efektiivsete temperatuuride summa oli 196 kraad/päeva. Soe ilm kiirendas munade ja vastsete arengut, mardikad alustasid taas munemist. Kahjuri arvukus tõusis hüppeliselt, kuu keskel oli põllul kõiki arengu- ja kasvujärke, taimed olid paiguti tugevasi kahjustunud, seetõttu korraliti pritsimisi samade preparaatidega. Kuu keskel ilmusid uue põlvkonna mardikad, mis olid eristatavad talvitunud põlvkonna mardikatest punakama tooniga kattetiibade poolest, kuid munema need enam ei hakanud kuna augusti keskel oli toidu kvaliteet lehemädaniku tõttu halvenenud ning päevapikkus langenud alla kriitilist 15,8 tundi. Seetõttu teist põlvkonda enam ei arenenud. Kartul võeti üles 28. augustil, selleks ajaks olid pealsed täielikult hävinud, kuid vagude lahti ajamisel tuli maapinnale veel arvukalt noormardikaid ja nukkusid.

Tabel 1. Kartulimardika fenoloogia 2015. aastal. Erinevate arengustaadiumide esinemine vegetatsiooniperioodi jooksul
Table 1. Phenology of Colorado potato beetles in 2015. Occurrence of different development stages on the field

Kuu / Month Dekaad / Decade	Mai / May			Juuni / June			Juuli / July			August			September		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Talvitunud mardikad / Overwintered beetles			☼	☼	☼	☼	☼	☼	☼	☼	☼	☼	☼	☼	☼
Munad / Eggs			☼	☼	☼	☼	☼	☼	☼	☼	☼	☼	☼	☼	☼
Vastsed / Larvae							▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
Uue põlvkonna mardikad / Summer beetles											♣	♣	♣	♣	♣

Tabel 2. 2015. aastal vegetatsiooni perioodi jooksul kogunenud efektiivsete temperatuuride summa kraad/päevades (üle 10 °C), mis on arvatud Rõhu meteoroloogiajaama automaatselt registreeritud andmete alusel

Table 2. Cumulative degree/Days (over 10 °C) calculated on the base of records registered during vegetation period of 2015 by automatic meteorological station of Rõhu Experimental Centre

Kuu / Dekaad Month / Decade	Mai May	Juuni June	Juuli July	August	September	Summa Sum
I	–	32	68	80	31	
II	–	33	39	51	41	
III	21	39	55	67	16	
Summa / Sum	21	104	162	198	88	573

Tabel 2. Rõhu meteoroloogia jaama andmetel 2015. aastal vegetatsiooni perioodi jooksul kogunenud sademete hulk (mm)

Table 2. Precipitation (mm) on the base of records registered during vegetation period of 2015 by automatic meteorological station of Rõhu Experimental Centre

Kuu / Dekaad Month / Decade	Mai May	Juuni June	Juuli July	August	September
I	22,6	3,0	11	20,8	39,8
II	20,8	15,6	22,6	0,8	5,4
III	18,6	20,8	11	19,6	13,8
Summa / Sum	82,0	39,4	44,6	40,2	59,0

Septembrikuu keskmine temperatuur oli 2 °C, kuu teine dekaad isegi kuni 4 °C keskmisest soojem, mõnel päeval tõusis temperatuur kuni 23 °C. Selleks ajaks polnud suur osa mardikatest veel oma täistsükli läbinud ning seetõttu otsisid nad toitu läheduses olevalt põllult, kus kartul polnud septembri esimese kümnepäevaku lõpuks veel koristatud. Kuna suur osa kartulipealsetest oli ka seal juba hävinud, sõid mardikad kartulivarsi ja mullapinnal olevaid mugulaid. Osa mardikatest oli läinud läheduses kasvavatele tomati,

hariliku maavitsa ja paprika taimedele toituma. Kuna soojad ilmad jätkusid, jõudis arvukalt talvitumiseks hästi ettevalmistunud mardikaid mulda kaevuda. Soe ilm soosis mardikate aktiivsust, üksikud mardikad jätkasid munemist veel septembriski, kuid see osa populatsioonist oli määratud hukule. Efektiivsete temperatuuride summa 573 kraad/päeva ületas küll ühe täispõlvkonna arengu vajaliku soojushulga (300–400 kraad/päeva) (Boman, 2008), kuid sellest ei piisanud teise täispõlvkonna arenguks.

Prognoos. Arengutsükli õigeaegselt lõpetanud ja talvituma läinud mardikate arvukuse järgi prognoosisime sügisel järgmiseks, 2016. aasta kevadeks kõrget kahjuri arvukust.

Talvitumine

2015. aasta hilissügis ja talve algus olid soojad, novembris oli esimese dekaadi temperatuur 3–4 °C, teisel 4–5 °C ning viimasel 1–3 °C paljuaastast keskmisest kõrgem. Ka detsembris jätkusid soojad ilmad, esimese dekaadi keskmine temperatuur oli 5–6 °C, teisel 4–7 °C ning kolmandal 4–5 °C paljuaastast keskmisest kõrgem, 20. detsembril tõusis õhutemperatuur kuni 12,5 °C. Aeg-ajalt sadas vihma, lumikate puudus. Järsk temperatuuri langus toimus detsembri lõpul ning alla –20 °C pakased püsisid ka veel paari esimese nädala jooksul jaanuaris, siis toimus taas soojenemine. Jaanuarikuu 2016. a keskmine õhutemperatuur oli –7,7 °C, mis on 4,2 °C normist madalam (paljuaastane keskmine –3,5 °C). 8. jaanuaril mõõdeti Tõraveres õhutemperatuuri miinimumiks –30,0 °C (<http://www.ilmateenistus.ee/>)

kliima/kuukokkuvotted/). Kuid kuu lõpul temperatuur tõusis taas, olles veebruarikuus 5 °C võrra keskmisest kõrgem. Mulla temperatuurid 20 cm sügavusel püsisid plusspoolle kuni 27. detsembrini, seejärel langesid nulli lähedale. Madalaim temperatuur, –6,6 °C registreeriti 3. jaanuaril, kuid juba 28. jaanuaril ilmade soojenemise tõttu jõudis taas 0 °C-ni ning edaspidi enam miinuspoolele ei langenud (www.ilmateenistus.ee).

Mais kaevati mardikad mullast välja ja määrati suremus. Kahes korduses oli muld läbi vettinud ja kõik mardikad hapniku puuduse tõttu surnud, kahes korduses leidsime mardikaid, kes olid nakatunud seenhaigusesse (tekitaja *Beauveria bassiana*). Talvituma viidud 252 mardikast oli hukkunud 231, mis moodustab 91,6%.

Prognoos. Sügisel tehtud prognoos mardikate kevadise kõrge arvukuse kohta ei täitunud, lühike lumeta väga külm periood jaanuaris hävitas suurema osa talvituvatest mardikatest. Katsepõld oli 2016. aasta kevadel peaaegu kahjurivaba. Selle põhjal prognoosisime kogu suveks kartulimardika madalat arvukust. Selline ennustus pidas paika juuni lõpuni. Jaanipäevale järgnenud tugevad lõuna- ja kagutuuled kandsid meile lõuna poolt arvukalt fertiilsed mardikaid, kes asusid kohe munema. Juuli keskel oli põld üle ujutatud tõukudega ning koldeti olid kartulipealsed täielikult hävitatud, seegi prognoos ei täitunud.

Arutelu

Kartulimardika arvukuse prognoos võiks abiks olla kartulikasvatajatele taimekaitse tööde planeerimisel. Kuid kas ennustused selle kahjuri puhul õigustavad end? Käesolev töö põhineb 2015/2016 aasta fenoloogiliste vaatluste ja talvitumise põhjal tehtud prognoosidel. Arutelu heidame pilgu ka pikema perioodi taha.

Tegelikkus on kummutanud kõik senised prognoosid kartulimardika leviku ja talvitumisvõime kohta. Peale Euroopasse jõudmist möödunud sajandi 20. aastatel arvati, et ainult Vahemeremaad ja Lõuna-Euroopa põllud on ohus, sest mardikate külmatundlikkus ei võimalda neil põhjapoolle levida (de Wilde, Hsiao, 1981). Kuid juba paarkümmend aastat hiljem leiti üksikuid mardikaid ka mõõdukama kliimaga aladel, siiski nende külmatundlikkuse tõttu ei olnud neil aladel veel karta püsipopulatsiooni teket (Ushatinskaja, 1981). Aastate möödudes tuli tunnistada prognooside ekslikkust. Mardikas on liikunud põhjapoolle kiirusega 50 km aastas ja nüüdseks jõudnud 62°N laiuskraadini (Boman, 2008). Mitmed autorid viitavad kliima soojenemisest tulenevatele muutustele keskkonnas, mis muudavad mardikale ebasoodsad tingimused soodsateks (Baker jt, 2000). Lisaks kliima soojenemisele on kartulimardikas näidanud väga head kohastumisvõimet ning möödunud sajandi viimasel aastakümnel oli talvituv püsipopulatsioon meie laiuskraadil lõplikult välja kujunenud, seetõttu kustutati mardikas 2002. a Eestis karantiinsete kahjurite nimekirjast (Hiisaar jt, 2013).

Järgnev prognoos tehti kartulimardika põlvkondade arvu kohta. Oletati, et Kesk-Euroopas suudab mardikas

anda ühe põlvkonna aastas, piiravaks faktoriks on mõõdukad temperatuurid ja päevapikkus ning prognoositi, et kaks täispõlvkonda jõuab areneda ainult 54°N laiuskraadini (Ushatinskaja, 1981). Meist tunduvalt lõunapool 50°N laiuskraadil asuvas Tšehhi Vabariigis andiski mardikas palju aastaid ühe ja ainult erakordselt soojade suvede korral 2 täispõlvkonda aastas (Kocmánková jt, 2010). Eesti asub tunduvalt põhjapool (N57°30'–59°40', E21°45'–28°15'), kuid 2010. aasta väga sooja suvel arenes meilgi esmakordselt kaks täispõlvkonda (Hiisaar jt, 2013). Teadlaste prognooside kohaselt võib järgneva 25 aasta jooksul kartulimardikas Skandinaavias ja Baltimaades anda kümnel aastal kaks täispõlvkonda (Jönsson jt, 2013). Suure tõenäosusega läheb see prognoos täppi ja neid aastaid võib olla isegi rohkem. Ühe põlvkonna arenguks on kartulimardikal vaja 300–400 kraad/päeva, see on vegetatsiooni perioodi jooksul kogunenud efektiivsete temperatuuride (üle +10°C) summa (Boman, 2008). Eestis ületati see piir 2010., 2011., 2013. ja 2014. aastal kahekordselt, millest piisanuks kahe täispõlvkonna arenguks. Kaks põlvkonda arenes meil siiski vaid 2010. ja 2013. aastal. Meie vaatluste kohaselt efektiivsete temperatuuride summast üksi ei piisa mitme põlvkonna arenguks, määravaks on temperatuuride jaotumus ja toidu kvaliteet. Nii näiteks oli 2011. aastal külm kevad, talvitunud mardikad ilmusid põllule alles juuni keskel, nende järglaskond sai suguküpseks augustis lühipäeva tingimustes ning järglaskonda enam anda ei jõudnud. Kuigi 2014. aasta väga soe kevad meelitas mardikad juba mai algul välja, siis jahe juunikuu pidurdas nende arengut ning taas ei jõudnud teist põlvkonda areneda (Hiisaar jt, 2016).

On palju tegureid, mis määravad kartulimardika populatsiooni arvukuse erinevatel aastatel. Vaatlusaluse 2015. aasta suve esimene pool ei olnud mardika arenguks kuigi soodne. Kevade ja suve esimese poole järgi võis prognoosida madalat arvukust, sest temperatuurid langesid öösiti alla arenguläve (10 °C) (<http://www.ilmateenistus.ee/kliima/kuukokkuvotted/>), see aeglustas oluliselt nende arengut. Kirjanduse andmetel arenguläve lähedastes temperatuurides kartulimardika munade ja vastsete areng peatub sootuks (Boman, 2008; Noronha, Cloutier, 2006). Juuliku teise dekaadi jooksul kogunenud efektiivsete temperatuuride summa jäi madalaks, moodustades kõigest 39 kraad/päeva, mistõttu mardikad küll liikusid põllul, kuid munesid vaid periooditi ja seetõttu oli kartuli kahjustus madal. Keskmisest soojem augustikuu kasvatas oluliselt efektiivsete temperatuuride summat, see kiirendas arengut, mardikad hakkasid taas intensiivselt munema ja vastsete arvukus tõusis hüppeliselt. Talvitunud mardikate eluiga on pikk, munemisperiood võib ulatuda 3–4 kuuni (Ushatinskaja, 1981). Soe september võimaldas suuremal osal mardikatest areng õigeaegselt lõpetada. Talvituma jäänud mardikate arvukuse põhjal prognoosisime järgmisel kevadel massilist kahjuri esinemist põllul.

Kuid 2015/2016. aasta sügis/talv oli mardikatele äärmiselt ebasoodne. Pikk soe sügis kurnab talvituvaid

mardikaid, sest nende ainevahetus ei ole piisavalt alla surutud ja reservaineid ei kasutata ratsionaalselt. Jaanuarikuu tugev pakane langetas järsult mulla temperatuuri peaaegu $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ni, kuna maapinnal puudus kaitsev lumekiht (Keskkonnaagentuur, <http://www.ilmateenistus.ee>). Kartulimardikale on selline temperatuur surmav juba 24 tunnise kestvuse korral (Hiisaar jt, 2014). Constanzo jt (1997) uurimuste kohaselt võib 78% mardikatest hukkuda 24 tunniga, kui temperatuur langeb $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ni. Ka tunduvalt kõrgemad temperatuurid võivad põhjustada mardikatel fataalseid külmakahjustusi kui toimeaeg pikeneb (Nedvėd, 1998). Mardikate talvine kõrge suremus kummutas sügisel tehtud prognoosi nende kõrge arvukuse kohta järgmisel kevadel.

Oma uuringutes aastatel 2000–2016 oleme vaadelnud kartulimardika arengut, talvitumist ja arvukuse dünaamikat pikemaajaliselt (Hiisaar jt, 2006; Hiisaar jt, 2013; Hiisaar jt, 2016), püüdes analüüsida kõiki tegureid, mis võiksid mõjutada kahjuri arvukust põllul. Käesolevas töös püüdsime prognoosida põlvkondade arvu, populatsiooni arvukust ja tõrje vajadusi lühikese perioodi jaoks, kuid veendusime, et looduslikes tingimustes selle kahjuri puhul ei pidanud ükski ennustus paika.

Järeldused

Muutlikud ja ettearvamatud ilmastikuolud Eestis võivad nullida põhjalike fenoloogiliste vaatluste ja talvitusandmete põhjal tehtud kartulimardika arvukuse prognoosid. Ükski meie poolt 2015. ja 2016. aastal tehtud prognoosidest ei täitunud. Suurem tõenäosus prognooside täitumisel on stabiilse ilmastikuga kontinentaalse kliimaga aladel.

Isegi lühiajalised prognoosid on kahtlased. Nii võis 2015. aasta hilise kevade ja suve alguse jahedate ilmade tõttu prognoosida mardika arvukuse madalseisu ning tõrjet mitte soovitada. Hiljem tuli seda korrigeerida, sest suve teise poole soojus aktiveeris mardikad, need hakkasid intensiivselt munema, koldeti tõusis vastete arvukus väga kõrgeks ning taimi tuli siiski pritsida.

Soe pikk sügis võimaldas pikemaajalist munemist, vastsed jõudsid õigeaegselt arengu lõpetada ning talvituks läks massiliselt hästi ettevalmistunud mardikaid. Kuna põllu asukohta ei muudetud, siis talvitumast tulnud mardikatel ei oleks järgmisel kevadel kulunud aega toidu ja partnerite otsinguks, seetõttu prognoositi taas kahjuri kõrget arvukust.

Lühike, kuid väga külm lumeta periood jaanuaris hävitas üle 90% talvituvatest mardikatest, sügisel tehtud prognoos ei täitunud. Seetõttu ennustasime suveks madalat kahjuri arvukust. Kuid ka selle prognoosi eluiga oli lühike, pidades paika vaid juuni lõpuni, siis jõudsid kohale migrantid ja juuli keskel tuli teha tõrjet.

Tänuavaldus

Uurimus valmis projekti IUT 36 002 toetusel.

Huvide konflikt / Conflict of interest

Autor kinnitab artikliga seotud huvide konflikti puudumist. *The author declares that there is no conflict of interest regarding the publication of this paper.*

Autorite panus / Author contributions

KH (60%) katse planeerimine, andmete kogumine, analüüs ja tõlgendamine, artikli kirjutamine, toimetamine. VE (30%) katsepõllu rajamine, hooldus. IHW (10%) käsikirja toimetamine, ingliskeelne kokkuvõte.

KH (60%) study conception and design, acquisition, analysis and interpretation of data, drafting, editing and critical revision of the manuscript. VE (30%) setting up and taking care of the experimental field. IHW (10%) editing and critical revision of the manuscript, writing English summary and abstract.

Kasutatud kirjandus

- Alyokhin, A.V., Ferro, D.N. 1999. Reproduction and dispersal of summer generation Colorado potato beetle (*Coleoptera: Chrysomelidae*). – *Environmental Entomology*, 28, 425–430.
- Alyokhin, A., Porter, G., Groden, E., Drummond, F. 2005. Colorado potato beetle Response to Soil Amendments: A Case in Support of the Mineral Balance Hypothesis? doi: 10.1016/j.agee.2005.03.005.
- Baker, R.H.A., Sansford, C.E., Jarvis, C.H., Cannon, R.J.C., Macleod, A., Walters, K.F.A. 2000. The role of climatic mapping in predicting the potential geographical distribution of non-indigenous pests under current and future climates. – *Climates* 2, 57–71.
- Boman, S. 2008. Ecological and Genetic Factors Contributing to Invasion Success. – University of Jyväskylä, Doctoral Theses, Jyväskylä, 50 pp.
- Constanzo, J.P., Moore, J.B., Lee, L.R., Kaufman, P.E., Wyman, J.A. 1997. Influence of soil hydric parameters on the winter cold hardiness of the borrowing beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say). – *Journal of Comparative Physiology B*, 167, 169–176.
- de Wilde, J., Duintjer, C.S., Mook, L. 1959. Physiology of diapause in adult Colorado beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say). The photoperiod as controlling factor. – *Journal of Insect Physiology*, 3, 75–80.
- de Wilde, J., Hsiao, T. 1981. Geographic diversity of the Colorado potato beetle and its infestation in Eurasia. In: *Advances in potato pest management* (eds. J.H. Lashomb, R. Casagrande). – Hutchinson Ross Stroudsburg PA, pp. 47–68.
- Diagnostic Methods for Colorado Potato Beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say). – pbt.padil.gov.au/index.php?q=node/193&pbtID=9 (29.01.2014).
- Hiisaar, K., Metspalu, L., Jõudu, J., Jõgar, K. 2006. Over-wintering of the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) in field conditions and factors affecting its population density in Estonia. – *Agronomy Research* 4(1), 21–39.

- Hiiesaar, K., Jõgar, K., Williams, I.H., Kruus, E., Metspalu, L., Luik, A., Ploomi, A., Eremeev, V., Karise, R., Mänd, M. 2013. Factors affecting development and overwintering of second generation Colorado Potato Beetle (*Coleoptera: Chrysomelidae*) in Estonia in 2010. – Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil and Plant Science, 63(6), 506–515.
- Hiiesaar, K., Karise, R., Williams, I.H., Jõgar, K., Kruus, E., Metspalu, L., Luik, A., Ploomi, A., Eremeev, V., Mänd, M., 2014. Cold tolerance of Colorado potato beetle's (*Leptinotarsa decemlineata* Say) adults and eggs. – Zemdirbystē=Agriculture, 101(4), 431–436.
- Hiiesaar, K., Jõgar, K., Williams, I.H., Luik, A., Kruus, E., Metspalu, L., Ploomi, A., Eremeev, V., Mänd, M. 2016. Phenology and overwintering of the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say in 2008–2015 in Estonia. – Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil and Plant Science, 66(6), 1–8.
- Hsiao, T.H. 1978. Host plant adaptations among geographic populations of the Colorado potato beetle. – Entomologia Experimentalis et Applicata, 24, 437–447.
- Hsiao, T.H. 1981. Ecophysiological adaptations among geographic populations of the Colorado potato beetle in North America. In: Advances in potato pest management (eds. J. Lashomb, R. Casagrande). – Stroudsburg, PA: Hutchinson and Ross Publ. Co, p. 69–85.
- <http://www.ilmateenistus.ee/kliima/kuukokkuvotted/>
- Jönsson, A.M., Pulatov, B., Linderson M.L., Hall, K. 2013. Modelling as a tool for analysing the temperature-dependent future of the Colorado potato beetle in Europe. – Global Change Biology, 19(4), 1043–1055.
- Keskkonnaagentuur, Eesti meteoroloogia aastaraamat 2015. – Tallinn, 154 lk.
- Keskkonnaagentuur – www.ilmateenistus.ee
- Kocmánková, E., Trnka, M., Eitzinger, J., Formayer, H., Dubrovský, M., Semerádová, D., Žalud, Z., Juroch, J., Možný, M. 2010. Estimating the impact of climate change on the occurrence of selected pests in the Central Europe region. – Climate Research, 44, 95–105.
- Lehmann, P., Lyytinen, A., Piironen, S., Lindström, L. 2015. Latitudinal differences in diapause related photoperiodic responses of European Colorado potato beetles (*Leptinotarsa decemlineata*). – Evolutionary Ecology, 29(2), 269–282.
- Lyytonen, A., Mappes, J., Lindström, L. 2012. Variation in Hsp70 levels after cold shock: signs of evolutionary responses to thermal selection among *Leptinotarsa decemlineata* populations. – PLoS one 7(2), art. no. e31446.
- Nedvěď, O. 1998. Modelling the relationship between cold injury and accumulated degree days in terrestrial arthropods. – CryoLetters, 19, 267–348.
- Noronha, C., Cloutier, C. 2006. Effects of potato foliage age and temperature regime on prediapause Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* (*Coleoptera: Chrysomelidae*). – Environmental Entomology, 35(3), 590–599.
- Novak, S.J. 2007. The role of evolution in the invasion process. – Proceedings of the National Academy of Sciences of USA 104, 3671–3672.
- Ushatinskaja, R.S. 1981. Prolonged diapauses in Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say). – Nauka Publishers, Moscow, 375.

The reliability of colorado potato beetles (*Leptinotarsa decemlineata* Say) population density predictions based on phenological and overwintering data

Küllli Hiiesaar, Viacheslav Eremeev, Ingrid H. Williams
Estonian University of Life Sciences, Institute of
Agricultural and Environmental Sciences
Kreutzwaldi 5, Tartu 51014

Summary

Extremely unstable weather conditions in Estonia can nullify all predictions of the population density of Colorado potato beetles and plant damage. None of our forecasting for 2015/2016 came true. Because of the cool spring in 2015 and late emergence of beetles from the soil, we predicted the low density of beetles for the whole vegetation period. But the very hot weather in mid-summer, with temperatures reaching 29 °C, activated the beetles, which started to lay intensively, and the number of larvae and damage to potato plants increased drastically. Due to a long warm autumn, most of the summer beetles managed to finish their development in time and leave for overwintering places. Therefore, we expected a high population density for the next spring. But a short, very cold, snowless period in January, when the air temperature fell to –30 °C and soil temperature at a depth of 20 cm was –6.6 °C, killed over 90% of beetles. Therefore, we predicted a low population density for the following spring. This prediction continued until the end of June. Then, due to a southern-east storm, a large migration and outbreak of beetles occurred. The fields were infested with immigrant beetles. We conclude that the prediction of population density of beetles and calculation of control may be possible in regions with a constant continental climate, but not in Estonia.